

Method for autofocusing of microscopes and autofocusing system for microscopes

Patent Number: ☐ US5270527
Publication date: 1993-12-14
Inventor(s): SALZMANN KURT (AT)
Applicant(s): LEICA AG (AT)
Requested Patent: ☐ DE4133788
Application Number: US19920960106 19921013
Priority Number(s): DE19914133788 19911011
IPC Classification: G01J1/20
EC Classification: G02B21/24B
Equivalents:

Abstract

A method and system for autofocusing of microscopes. The image of the object or of a structure which is reflected onto the object is passed to two detectors or to two regions of a detector, one image being produced in front of, and one image behind, the respective detector in the focusing position, and the image definitions on the detectors being converted into electronic signals whose difference is used for setting the definition of the object, the distances between the images of this object or of this structure and the respective detectors being adjustable. Selective offset adjustments and "IR offset" correction adjustments can be used.

Data supplied from the **esp@cenet** database - 12

BBB



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Off nlegungsschrift
10 DE 41 33 788 A 1

51 Int. Cl. 5:
G 02 B 7/36
G 02 B 21/24

21 Aktenzeichen: P 41 33 788.3
22 Anmeldetag: 11. 10. 91
43 Offenlegungstag: 15. 4. 93

DE 41 33 788 A 1

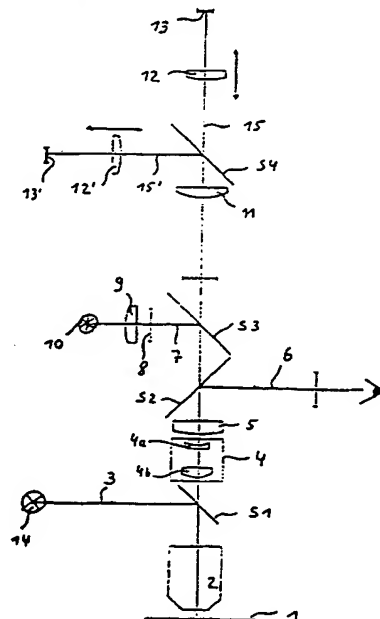
71 Anmelder:
Leica AG, Wien, AT

74 Vertreter:
Stamer, H., Dipl.-Phys., Pat.-Ass., 6331 Steindorf

72 Erfinder:
Salzmann, Kurt, Dipl.-Ing., Wien, AT

54 Verfahren zur Autofokussierung von Mikroskopen und Autofokussystem für Mikroskope

57 Verfahren und System zur Autofokussierung für Mikroskope. Das Bild des Objektes oder einer auf das Objekt eingespiegelten Struktur (8) wird zwei Detektoren (13; 13') bzw. zwei Bereichen eines Detektors zugeleitet, wobei in Fokusstellung ein Bild vor und ein Bild hinter dem jeweiligen Detektor (13 bzw. 13') entsteht und die Bildschärfen auf den Detektoren (13; 13') in elektronische Signale verwandelt werden, deren Differenz zur Scharfstellung des Objektes verwendet wird, wobei die Abstände der Bilder dieses Objektes bzw. dieser Struktur (8) zu den jeweiligen Detektoren (13 bzw. 13') einstellbar sind. Gezielte Offset-Einstellungen sowie "IR-Offset"-Korrektureinstellungen sind realisierbar.



DE 41 33 788 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Autofokussierung eines Mikroskopes mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderbarer Objektivvergrößerung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 2. Sie betrifft weiterhin ein Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich varrierbarer Objektivvergrößerung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 10 bzw. des Anspruchs 11.

Bei mikroskopischen Untersuchungen ist es vielfach notwendig, rasch zwischen verschiedenen Vergrößerungen wechseln zu können, wobei Objektive zur Anwendung kommen, deren Vergrößerung über weite Bereiche variiert, beispielsweise von $5\times$ bis $150\times$ und darüber. Da derartige Mikroskope auch zur Überwachung in der Produktion, d. h. zu Routineuntersuchungen — beispielsweise bei der Waferherstellung —, in großem Maße Anwendung finden, und der visuelle Fokussierungsvorgang für die Bedienperson äußerst ermüdend ist, wird in verstärktem Maße versucht, Autofokussierungssysteme zum Einsatz zu bringen, die rasch eine automatische und in Einzelfällen auch genauere Scharfeinstellung auf das Objekt ermöglichen, als dies visuell möglich wäre.

Es hat sich jedoch gezeigt, daß die herkömmlichen Autofokussierungssysteme, insbesondere wenn sie mit einer Strahlung arbeiten, die eine Beschädigung oder Veränderung der zu beobachtenden Halbleiterplättchen ausschließt, überfordert sind, wenn die Objektivvergrößerung in einem größeren Bereich variiert, wie er beispielshalber vorstehend angegeben wurde. Dies ist zum einen darauf zurückzuführen, daß bei zunehmender Vergrößerung im Objekt enthaltene oder auf dem Objekt erzeugte Strukturen bezüglich des Kantenkontrastes verwaschen werden, was zu einer zunehmenden Ungenauigkeit führt, wenn dieser Kontrast oder daraus abgeleitete Größen, wie der Gehalt an hohen Ortsfrequenzen, zur Scharfeinstellung herangezogen werden. Ein weiteres Problem ist nach Erkenntnis der Anmelderin darin zu sehen, daß mit steigender Vergrößerung bildseitig die Tiefenschärfe zunimmt, und zwar mit dem Quadrat der Vergrößerung des Objektivs, was in einem erheblichen Maße zu dem zum Teil unerklärlichen Versagen der herkömmlichen Autofokussierungssysteme bei unterschiedlicher Vergrößerung betragen dürfte.

Aus der DE-OS 37 07 487 ist ein Verfahren zur Autofokussierung und ein Mikroskop mit einem Autofokussierungssystem bekannt, welche in der Lage sind, auch bei stark differierenden Objektivvergrößerungen eine sichere und optimale automatische Scharfeinstellung auf das Objekt zu ermöglichen. Es hat sich jedoch gezeigt, daß diese Art der Autofokussierung nur dann vollständig funktioniert, wenn am Objekt genügend Details sichtbar sind. Insbesondere bei Auflichtverfahren ist es oft notwendig, Objektstellen mit wenigen Details — beispielsweise Wafer in einem ersten Beschichtungsstadium — oder im Extremfall sogar reine Oberflächenspiegel zu fokussieren.

Aber auch dann, wenn genügend Details sichtbar sind, kann es vorkommen, daß bei schneller Bewegung des Objektisches bei gleichzeitig starker Objektivvergrößerung das Bild so schnell durch die optimale Scharfeinstellung fährt, daß es von der Elektronik nicht mehr als scharf oder unscharf wahrgenommen werden kann.

Je nach der gewählten Objektvergrößerung (Apertur) und der Vergrößerungswechslerstufe im Stativ des bekannten Mikroskops hat die in Fig. 3 der DE-OS

37 07 487 dargestellte Schärfsignalkurve beim Durchfokussieren eine verschiedene Form. Liegen beide Schärfsignale zu weit auseinander, so existiert ein undefinierter Bereich zwischen beiden mit der Folge, daß der Autofokus irgendwo innerhalb dieses Bereiches stehen bleibt.

Andererseits kann die Situation eintreten, daß sich die beiden Schärfsignale zu weit überlappen, so daß der resultierende Signalunterschied zu gering ist. Bei diesem bekannten Autofokussierungssystem wurden diese genannten Schwierigkeiten dadurch behoben, daß die Anpassung der Schärfsignalkurven der jeweiligen Objektiv-/Vergrößerungswechslerkombination mittels eines Zoomsystems im Autofokusstrahlengang an den festen Abstand der beiden TV-Targets erfolgt.

In der DE-OS 37 39 223 ist eine Weiterentwicklung des aus der DE-OS 37 07 487 bekannten Autofokussierungsverfahren bzw. -systems beschrieben derart, daß es insbesondere beim Auflichtbetrieb auch bei Objekten, die selbst nur geringe Details aufweisen, eine sichere Scharfeinstellung dadurch gewährleistet, daß in die Objektebene ein Hell-Dunkel-Kontraste enthaltendes Muster projiziert wird. Das auf das Objekt projizierte Muster erzeugt dort ein Bild, welches reflektiert wird und zur Scharfeinstellung verwendet wird. Der Begriff "Signale" umfaßt dabei sowohl optische als auch elektrische Signale, wobei in dem Autofokussierungssystem zunächst optische Signale entstehen, welche durch elektro-optische Wandler in elektrische Signale umgewandelt werden, die einer elektronischen Weiterverarbeitung unterzogen werden können, und nach ihrer Weiterverarbeitung zumindest ein Steuersignal liefern, welches eine Verschiebung von Objekt und/oder Objektiv in Richtung auf die optimale Scharfeinstellung in an sich bekannter Weise, beispielsweise über entsprechende Elektromotoren und -antriebe, bewirken kann.

Für beide bekannten Autofokussierungssysteme hat es sich jedoch als nachteilig herausgestellt, ein Zoomsystem im Autofokusstrahlengang vorzusehen, da es die Vergrößerung der beiden Teilbilder in der Weise verändert, daß diese im einen Extremfall viel größer als die Targets sind, was zu einer Einbuße an Lichtstärke führt, bzw. im anderen Extremfall viel kleiner als die Targets sind, was zu einer Beeinträchtigung der Signalauswertung durch den verbleibenden dunklen Randbereich führt.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die im Oberbegriff des Anspruchs 1 bzw. des Anspruchs 2 beschriebenen Autofokussierungsverfahren in der Weise zu vervollkommen, daß sie die Nachteile der bekannten Verfahren nicht mehr aufweisen, so daß eine fehlerfreie und eindeutige Signalauswertung zur Feststellung eines optimalen Fokuszustandes auch bei Objekten mit kritischer Oberflächentopologie gewährleistet ist.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei denen die Abstände der Bilder des Objektes zu dem jeweiligen Detektor bzw. Detektorbereich einstellbar sind. Sie wird weiterhin bei Mikroskopen mit Autofokussierungssystemen der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß Mittel zur Veränderung des Relativabstandes zwischen den Bildern des Objektes und den zugeordneten Detektoren bzw. Detektorbereichen vorgesehen sind. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den zugeordneten Unteransprüchen beschrieben.

In den nachfolgenden Zeichnungen ist die vorliegende Erfindung anhand eines schematisch dargestellten

Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipskizze eines Mikroskops mit einem erfindungsgemäßen Autofokussierungssystem in "Justierposition";

Fig. 2 eine Variante des Autofokussierungssystems von Fig. 1 mit geknicktem Strahlenverlauf eines Teilstrahlenbündels in Detaildarstellung;

Fig. 3 eine Detaildarstellung gem. Fig. 1 mit unterschiedlich positionierten Autofokus-Objektiven in den Teilstrahlengängen und den zugehörigen Fokusebenen im Objektraum;

Fig. 4a—4c verschiedene Schärfensignalkurven-Darstellungen aufgrund der in Fig. 3 gestrichelt dargestellten unterschiedlichen Verschiebe-Positionen der Autofokus-Objektive;

Fig. 5 eine Profildarstellung einer Waferstruktur mit unterschiedlichen Fokusalagen;

Fig. 6a—6c Schärfensignalkurven-Verläufe zur Veranschaulichung von "Offset"-Einstellungen;

Fig. 7 Detaildarstellung gemäß Fig. 1 zur Erläuterung von "Offset"-Einstellungen.

In Fig. 1 ist der Strahlengang eines Mikroskops mit dem erfindungsgemäßen Autofokussierungssystem dargestellt. Über einer Objekzebene 1, in der das nicht dargestellte Präparat (Objekt) liegt, befindet sich ein Objektiv 2, dem ein erster Strahlenteiler S1 nachgeordnet ist. Von einer Lichtquelle 14 wird ein Auflichtbeleuchtungsstrahlenbündel 3 über diesen Strahlenteiler S1 in das optische System eingespiegelt. In Richtung der vertikalen Achse des Autofokussierungssystems folgt sodann ein Vergrößerungswechsler 4, dessen Linsenpaar 4a, 4b sich in Wirkstellung befindet. Andere, nicht mit dargestellte Linsenkombinationen innerhalb dieses Vergrößerungswechslers können nach Wahl ebenfalls in Wirkstellung gebracht werden. Es folgt — vom Objekt aus gesehen — eine Telelinse 5 und danach ein zweiter Strahlenteiler S2, der das Beobachtungsstrahlenbündel 6 aus der vertikalen Achse des Autofokussierungssystems herausspiegelt. Das Mikroskopokular ist selbst nicht dargestellt.

Im weiteren Verlauf der vertikalen Achse des Systems gelangt der den Strahlenteiler S2 durchsetzende Teil des Autofokus-Strahlenbündels auf einen dritten Strahlenteiler S3, welcher ein IR-Beleuchtungsstrahlenbündel 7, das von einer IR-Lichtquelle 10 ausgeht und nach Durchtritt durch einen Kondensor 9 sowie eine diesem nachgeordnete Einspiegelungsstruktur 8, beispielsweise eine Strichmarke oder ein Gitter, in das System zum Objekt hin koaxial einspiegelt. Der den Strahlenteiler S3 durchsetzende Teil des Autofokus-Strahlenbündels gelangt nach Durchtritt durch ein Autofokusokular 11 auf einen vierten Strahlenteiler S4, von dem ein Teilstrahlenbündel 15' ausgespiegelt wird und ein anderes Teilstrahlenbündel 15 dem Verlauf der vertikalen Achse des Autofokussierungssystems folgt. Die Teilstrahlenbündel 15 bzw. 15' gelangen jeweils nach Durchtritt durch ein axial verschieblich angeordnetes Autofokus-Objektiv 12 zw. 12' auf ihnen nachgeordnete Detektoren 13 bzw. 13'.

In Fig. 2 ist die Anordnung bezüglich des Teilstrahlenbündels 15' des Autofokussierungs-Strahlenganges derart getroffen, daß es nach Verlassen des vierten Strahlenteilers S4 an einem Umlenkelement 16 eine Richtungsänderung erfährt. Vorzugsweise liegen die Teilerfläche des Strahlenteilers S4 und die die Strahlumlenkung bewirkende Fläche des Umlenkelementes 16 parallel zueinander, so daß die Achse des den Strahlenteiler S4 durchsetzenden Teilstrahlenbündels 15 und die

Achse des vom Umlenkelement 16 kommenden Teilstrahlenbündels 15' des Autofokussierungs-Strahlenbündels ebenfalls parallel verlaufen. Schließlich folgt aus diesem Verlauf der beiden Teilstrahlenbündel 15 und 15', daß die beiden Detektoren 13 bzw. 13' in zueinander parallelen Ebenen angeordnet sind. Es sei aber betont, daß die Positionierungen des vierten Strahlenteilers S4 und/oder des Umlenkelementes 16 auch derart gewählt sein können, daß nichtparallele Verläufe der Achsen der Teilstrahlenbündel 15, 15' und damit auch nichtparallele Anordnungen der Detektoren 13, 13' zueinander resultieren.

In Fig. 1 wird eine Einspiegelungsstruktur 8 von einer IR-Lichtquelle 10 und einem zwischengeschalteten Kondensor 9 beleuchtet. Die Einspiegelungsstruktur 8 befindet sich in einer zur Objekzebene 1 konjugierten Ebene und kann beispielsweise ein Gitter oder eine Strichmarke sein. Sie ist mittels eines nicht mit dargestellten Motors axial verschieblich sowie austauschbar gehalten. Die Verschiebungsmöglichkeit ist deshalb erforderlich, weil die Einspiegelungsstruktur 8 bei Verwendung eines Objektivs, das nicht für den IR-Bereich korrigiert ist, nicht scharf abgebildet würde und je nach dem gerade verwendeten Objektiv 2 unterschiedliche Fokuslagen in der Bildebene (Detektorebene) einnähme. Dies wird durch den erwähnten Motorantrieb ausgeglichen, der die Einspiegelungsstruktur 8 in Abhängigkeit von dem jeweils verwendeten Objektiv 2 — beispielsweise durch ein nicht gezeigtes, durch die Verstellung des Objektivrevolvers betätigtes Stellglied — entsprechend längs der Achse des IR-Beleuchtungsstrahlenbündels 7 verschiebt.

Die in Fig. 1 dargestellte Prinzipskizze zeigt gewissermaßen die "Justierstellung" (Grundstellung) des erfindungsgemäßen Gerätes, bei der — bei Scharfstellung des Objektes im Einblick — die beiden Bilder auf den beiden Detektoren 13, 13' gleichzeitig scharf erscheinen.

In Fig. 3 sind — ausgehend von dieser Justierstellung — paarweise die unterschiedlichen Positionen der beiden axial verschieblichen Autofokus-Objektive 12, 12' sowie die ihnen entsprechenden Fokusebenen im Objektraum dargestellt. Die Objektiv-Positionen A, A' entsprechen dabei der Objekzebene 1; die Positionen B bzw. B' der Objektive 12, 12' entsprechen im Objektraum den beiden gestrichelt dargestellten Ebenen b bzw. b', die symmetrisch zur Objekzebene 1 (Linsenpositionen: A, A'), und zwar oberhalb (vgl. b') bzw. unterhalb (vgl. b) der Objekzebene 1 zu liegen kommen.

In analoger Weise entsprechen den Objektivpositionen C, C' die Fokusebenen c bzw. c' und den Objektivpositionen D, D' die zugehörigen Fokusebenen d bzw. d'.

In Fig. 4 sind verschiedene Schärfensignalkurven rein schematisch dargestellt. Diese Darstellungen entsprechen prinzipiell denjenigen Signalverlaufdiagrammen, die beispielsweise in der schon aufgeführten DE-OS 37 07 487 detailliert beschrieben und in deren Fig. 3 zeichnerisch dargestellt sind. Die in den Fig. 4a bzw. 4b bzw. 4c gezeigten Kurvenpaare entsprechen dem punktierten und dem strichlinierten Kurventeil oberhalb der Abszisse von Fig. 3, Detaildarstellung IV, der DE-OS 37 07 487.

In Fig. 4a liegen beide Schärfensignalkurven sehr weit auseinander. Die linke Kurve entspricht beispielsweise dem Signalverlauf, der über den Detektor 13' ermittelt wurde, und die rechte Kurve entspricht demjenigen Signalverlauf, wie er vom Detektor 13 ermittelt wurde. Der große Zwischenbereich zwischen beiden

Kurven stellt einen undefinierten Bereich dar mit der Folge, daß das Autofokussierungssystem an irgendeiner Stelle unkontrolliert stehen bleibt. Der in Fig. 4a gezeigte Verlauf der Schärfsignalkurven entspricht in Fig. 3 der vorliegenden Anmeldung den Positionen B bzw. B' der Autofokus-Objektive 12 bzw. 12'.

In Fig. 4b grenzen beide Schärfsignalkurven unmittelbar aneinander. Diese Konstellation stellt die korrekte Position des Autofokussierungssystems dar. In Fig. 3 entspricht dies der Stellung C bzw. C' der beiden Autofokus-Objektive 12 bzw. 12'. Es handelt sich also um die Optimierungsposition, daß heißt, die Lage der beiden Teilbilder zu den jeweiligen Detektoren 13, 13' (oder TV-Targets) wird je nach der gerade gewählten Objektiv-/Vergrößerungswechslerkombination 2, 4 so eingestellt, daß gleicher Abstand vor bzw. hinter dem jeweiligen Target gegeben ist. Bewerkstelligt wird dies durch eine mit der Objektiv-/Vergrößerungswechslerkombination 2, 4 gekoppelten Verschiebung bzw. Relativänderung des Abstandes zwischen dem Autofokus-Objektiv 12 bzw. 12' einerseits und dem zugehörigen Detektor 13 bzw. 13' andererseits.

Dies führt zu einer Symmetriestellung, also einem gleichen Abstand vor bzw. hinter dem jeweiligen Target. Durch gegengleiches Verschieben der beiden Detektoren 13, 13' oder der Teilbilder (mit Hilfe der Autofokus-Objektive 12, 12') gelingt mithin diese Kurvenoptimierung, die gleichzeitig einer Scharfstellungs-"Optimierung" entspricht.

In Fig. 5 ist in stark vergrößertem Vertikalschnitt das Profil einer Halbleiter-Struktur dargestellt. Die ausgezogene Linie gibt die Topologie-Kontur dieses Objektes wieder. Bei der weiter oben erläuterten Symmetriestellung, bei der sich die Bilder der Objektstruktur im gleichen Abstand vor bzw. hinter dem jeweiligen Detektor 13, 13' befinden, stellt sich das Objekt in eine Ebene ein, die dem Mittelwert aus den Flächen der "Hügel" (hoch gelegene Objektoberflächen-Bereiche) und der "Täler" (tief gelegene Objektoberflächen-Bereiche) und ihren entsprechenden Reflexionsvermögen R_1 , R_2 , usw. entspricht. Dieser "natürlichen Einstellung" — vgl. die in Fig. 5 gestrichelt eingezeichnete Ebene b — entspricht der in Fig. 6b gezeigte Verlauf der Schärfsignalkurven. Durch Verschieben der beiden Detektoren 13, 13' — in der Darstellung gem. Fig. 2 würde es sich um ein Parallelverschieben beider Detektoren 13, 13. handeln — bzw. der beiden Bilder (also der beiden Autofokus-Objektive 12, 12') kann die in den Objektraum rückprojizierte Fokusebene und damit die im Objekt beobachtete Ebene nach Wahl des Beobachters eingestellt werden.

Die Möglichkeit einer sog. "Offset-Einstellung" für gestufte Objekte, wie beispielsweise Wafer, stellt einen wesentlichen Vorteil dieser vorliegenden Erfindung dar. Die in Fig. 5 mit der gestrichelten Linie a markierte Fokuseinstellung findet in Fig. 6a ihre Entsprechung bezüglich der Relativposition des Signalschärfenkurven-Paares. Der zugehörige "Offset"-Betrag ist markiert. In analoger Weise korreliert die Darstellung der Fokusebene c in Fig. 5 mit der Kurven-Darstellung gemäß Fig. 6c. Auch hier ist der in entgegengesetzter Richtung weisende "Offset"-Betrag eingezeichnet.

Fig. 7 zeigt eine Detaildarstellung von Fig. 1 bzw. Fig. 3 zur Erläuterung von "Offset"-Einstellungen. Will man beispielsweise die "Offset"-Ebene $ee'/2$ einstellen, die oberhalb des "normalen" Niveaus der Objektebene 1 liegt, so muß die Autofokus-Linse 12' die Position E' und die Autofokus-Linse 12 durch Verschieben in entgegen-

gesetzter Richtung die Position E einnehmen. Eine Offset-Einstellung unterhalb der Objektebene 1, beispielsweise in Höhe der "Offset"-Ebene $ff'/2$, gelingt in der Weise, daß die Autofokus-Linse 12' die Position F' und die Autofokus-Linse 12 die gegenläufige Position F einnimmt.

Die Positionen E und E' des Autofokus-Objektivpaares 12 und 12' entsprechen in Fig. 5 der Offset-Ebene a bzw. der Kurvendarstellung gemäß Fig. 6a; die Positionen C und C' der Objektive 12 und 12' entsprechen in Fig. 5 der Ebene b bzw. dem Kurvenverlauf von Fig. 6b und die Positionen F und F' der Objektive 12 und 12' entsprechen in Fig. 5 der Offset-Ebene c bzw. der Kurvendarstellung gemäß Fig. 6c.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen Autofokussierungssystems besteht schließlich darin, daß man den durch den Wellenlängenunterschied zwischen sichtbarem Licht und IR-Licht hervorgerufenen Fokusfehler (Fokusedifferenz), der für jede Objektiv-/Vergrößerungswechslerkombination einen anderen Betrag aufweist, durch gekoppeltes Einstellen der Detektoren 13, 13' bzw. der Teilbilder (also der Autofokus-Objektive 12, 12') korrigieren kann. Diese "IR-Offset"-Korrekturwerte können in an sich bekannter Weise elektronisch abgespeichert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Autofokussierung eines Mikroskops mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderbarer Objektivvergrößerung, bei dem zunächst je ein Bild des Objektes je einer Detektoreinrichtung oder je einem von zwei getrennten Bereichen einer Detektoreinrichtung zugeleitet wird, wobei in Fokussstellung das eine Bild vor und das andere Bild hinter dem jeweiligen Detektor bzw. Detektorbereich entsteht und die Bildschärfen auf den Detektoren bzw. den Detektorbereichen in elektronische Signale verwandelt werden, welche sich bei Vergrößerung bzw. bei Verkleinerung des Abstandes zwischen Objekt und Objektiv zumindest in einem Bereich, der benachbart zur Scharfeinstellungsebene liegt und diesen enthält, gegenläufig verändern, wobei diese Signale aus einer Strahlung gewonnen werden, die vom Objekt kommend durch das Objektiv hindurchgetreten ist, und wobei aus den Signalen zumindest ein Steuersignal gebildet wird, welches eine Verschiebung von Objekt und/oder Objektiv in Richtung einer optimalen Scharfeinstellung bewirkt und bei dem durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingte Änderungen in den Signalen zumindest so weit ausgeglichen werden, daß die Autofokussierung für die jeweilige Objektivvergrößerung sichergestellt ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände der Bilder des Objektes zu dem jeweiligen Detektor (13, 13') bzw. Detektorbereich einstellbar sind.

2. Verfahren zur Autofokussierung eines Mikroskops mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderbarer Objektivvergrößerung, bei dem zunächst je ein Bild des Objektes je einer Detektoreinrichtung oder je einem von zwei getrennten Bereichen einer Detektoreinrichtung zugeleitet wird, wobei in Fokussstellung das eine Bild vor und das andere Bild hinter dem jeweiligen Detektor bzw. Detektorbereich entsteht und die Bildschärfen auf den Detektoren bzw. den Detektorbereichen in elektronische Signale verwandelt werden, welche

sich bei Vergrößerung bzw. bei Verkleinerung des Abstandes zwischen Objekt und Objektiv zumindest in einem Bereich, der benachbart zur Scharfeinstellungsebene liegt und diesen enthält, gegenläufig verändern, wobei diese Signale aus einer Strahlung gewonnen werden, die vom Objekt kommend durch das Objektiv hindurchgetreten ist, und wobei aus den Signalen zumindest ein Steuersignal gebildet wird, welches eine Verschiebung von Objekt und/oder Objektiv in Richtung einer optimalen Scharfeinstellung bewirkt und bei dem durch einen Wechsel in der Objektivvergrößerung bedingte Änderungen in den Signalen zumindest so weit ausgeglichen werden, daß die Autofokussierung für die jeweilige Objektivvergrößerung sichergestellt ist und wobei bei Betrieb mit einer Auflichtbeleuchtung in die Objektebene ein Hell-Dunkel-Kontraste enthaltendes Muster projiziert wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände der Bilder des Objektes zu dem jeweiligen Detektor (13, 13') bzw. Detektorbereich einstellbar sind.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung des optimalen Abstandes zwischen den Bildern des Objektes und dem jeweiligen Detektor (13, 13') bzw. Detektorbereich durch Verschieben und/oder Verkippen von optischen Bauelementen, wie Linsen (12, 12'), Umlenkprismen (16) und (Umlenk-)Teilerspiegeln (S4), erfolgt.

4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung des optimalen Abstandes durch Verschieben und/oder Verkippen der Detektoren (13, 13') bzw. der Detektorbereiche erfolgt.

5. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung des optimalen Abstandes durch gemeinsames, kombiniertes Verschieben und/oder Verkippen der optischen Bauelemente (S4, 12; 12'; 16) und der Detektoren (13, 13') bzw. der Detektorbereiche erfolgt.

6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle einer Einstellung eines optimalen Abstandes zwischen den Bildern des Objektes und dem jeweiligen Detektor (13, 13') bzw. Detektorbereich zur Realisierung eines Fokuszustandes auf der Objektoberfläche die Einstellung derart erfolgt, daß ein vorgeählter Offset auf der Objektoberfläche realisiert wird.

7. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung der beiden Abstände von einem zugeordneten Mikroprozessor gespeichert wird.

8. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die mikroprozessorgesteuerte Einstellung synchron mit der Betätigung der Objektiv-/Vergrößerungswechslerkombination (2, 4) erfolgt.

9. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstellung zur Erzielung eines Offsets über den Mikroprozessor gezielt vorgewählt werden kann, insbesondere durch Verstellen der beiden Abstände in gleicher Richtung und um einen jeweils gleichen Betrag.

10. Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich variierbarer Objektivvergrößerung mit einem Autofokussierungssystem, dessen Strahlen-

gang das Objektiv durchsetzt, zwischen Objektiv und Okular aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops herausgeführt ist und zwei Detektoreinrichtungen bzw. zwei getrennten Bereichen einer Detektoreinrichtung zugeleitet wird, wobei in Fokusstellung ein Bild vor und ein Bild hinter dem jeweiligen Detektor bzw. Detektorbereich entsteht und die Bildschärfen auf den Detektoren bzw. Detektorbereichen in elektronische Signale verwandelt werden, deren Differenz zur Scharfstellung des Objektes verwendet wird, und in dem Strahlengang des Autofokussierungssystems zumindest ein optisches System eingebracht oder einbringbar ist, das bei einer Änderung der Objektivvergrößerung eine Maßstabsänderung des zumindest einen auf der Detektorvorrichtung erzeugten Bildes ermöglicht oder bewirkt, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Veränderung des Relativabstandes zwischen den Bildern des Objektes und den zugeordneten Detektoren (13, 13') bzw. Detektorbereichen vorgesehen sind.

11. Mikroskop mit kontinuierlich oder diskontinuierlich variierbarer Objektivvergrößerung mit einem Autofokussierungssystem, dessen Strahlengang das Objektiv durchsetzt, zwischen Objektiv und Okular aus dem Abbildungsstrahlengang des Mikroskops herausgeführt ist, und zwei Detektoreinrichtungen bzw. zwei getrennten Bereichen einer Detektoreinrichtung zugeleitet wird, wobei in Fokusstellung ein Bild vor und ein Bild hinter dem jeweiligen Detektor bzw. Detektorbereich entsteht und die Bildschärfen auf den Detektoren bzw. Detektorbereichen in elektronische Signale verwandelt werden, deren Differenz zur Scharfstellung des Objektes verwendet wird, und in dem Strahlengang des Autofokussierungssystems zumindest ein optisches System eingebracht oder einbringbar ist, das bei einer Änderung der Objektivvergrößerung eine Maßstabsänderung des zumindest einen auf der Detektorvorrichtung erzeugten Bildes ermöglicht oder bewirkt und wobei in einer zur Objektebene konjugierten Ebene ein Hell-Dunkel-Kontraste enthaltendes Muster angeordnet ist, das mittels einer Beleuchtungsquelle und eines im Strahlengang angeordneten teildurchlässigen Spiegels oder Prismas in die Objektebene projizierbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel zur Veränderung des Relativabstandes zwischen den Bildern des Objektes und den zugeordneten Detektoren (13, 13') bzw. Detektorbereichen vorgesehen sind.

12. Mikroskop nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel orts- und/oder positionsvariabel gehaltene optische Bauelemente, wie Linsen (12, 12'), Umlenkprismen (16) und (Umlenk-)Teilerspiegel (S4), umfassen.

13. Mikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel orts- und/oder positionsvariabel gehaltene Detektoren (13, 13') bzw. Bereiche eines Detektors umfassen.

14. Mikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß den Mitteln ein Mikroprozessor zugeordnet ist.

15. Mikroskop nach mindestens einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel über einen Kopplungsmechanismus mit der jeweiligen Objektiv-/Vergrößerungswechslerkombination (2, 4) verbunden sind.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

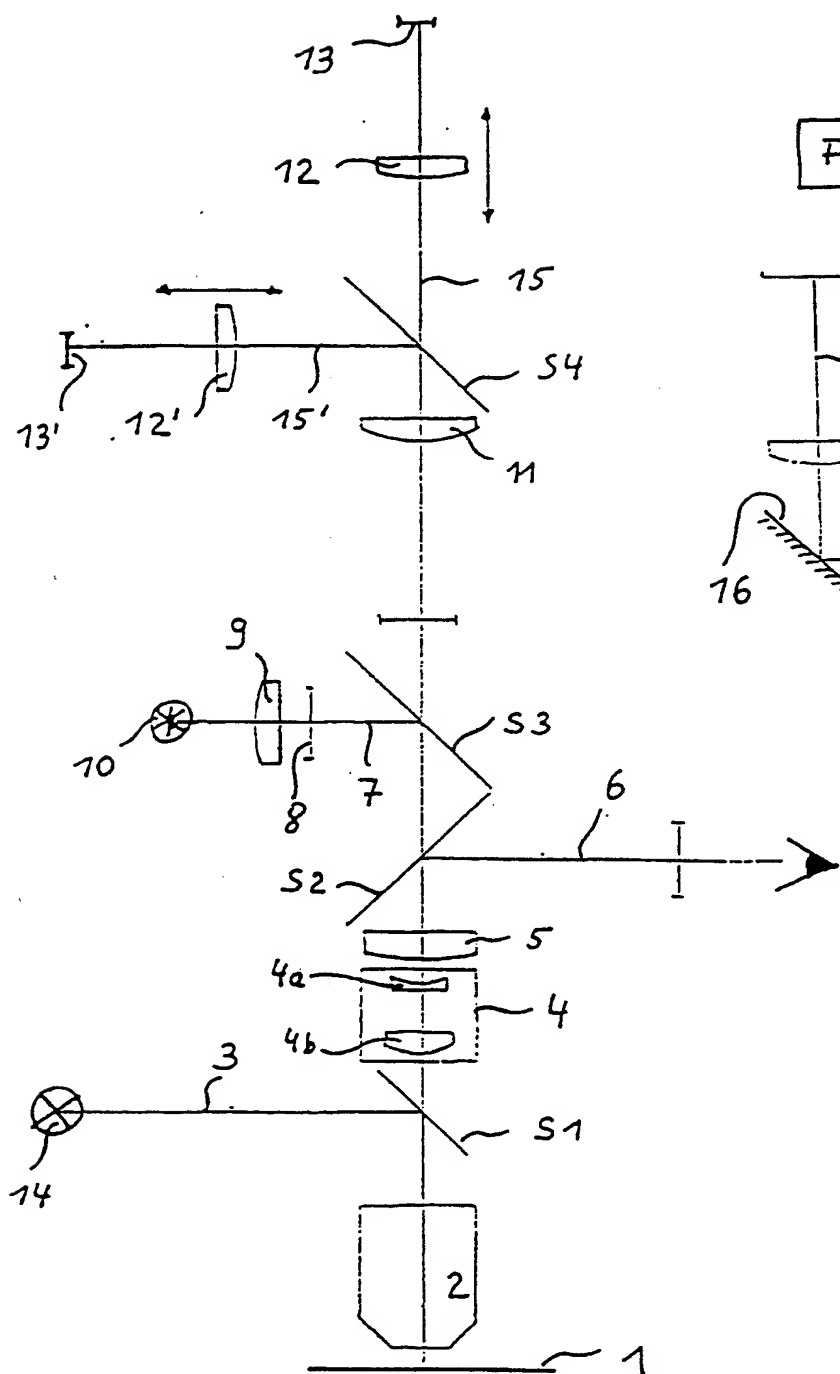


Fig. 1

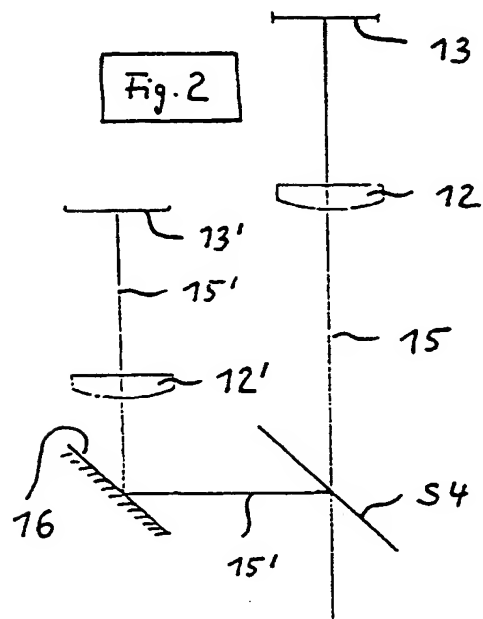


Fig. 2

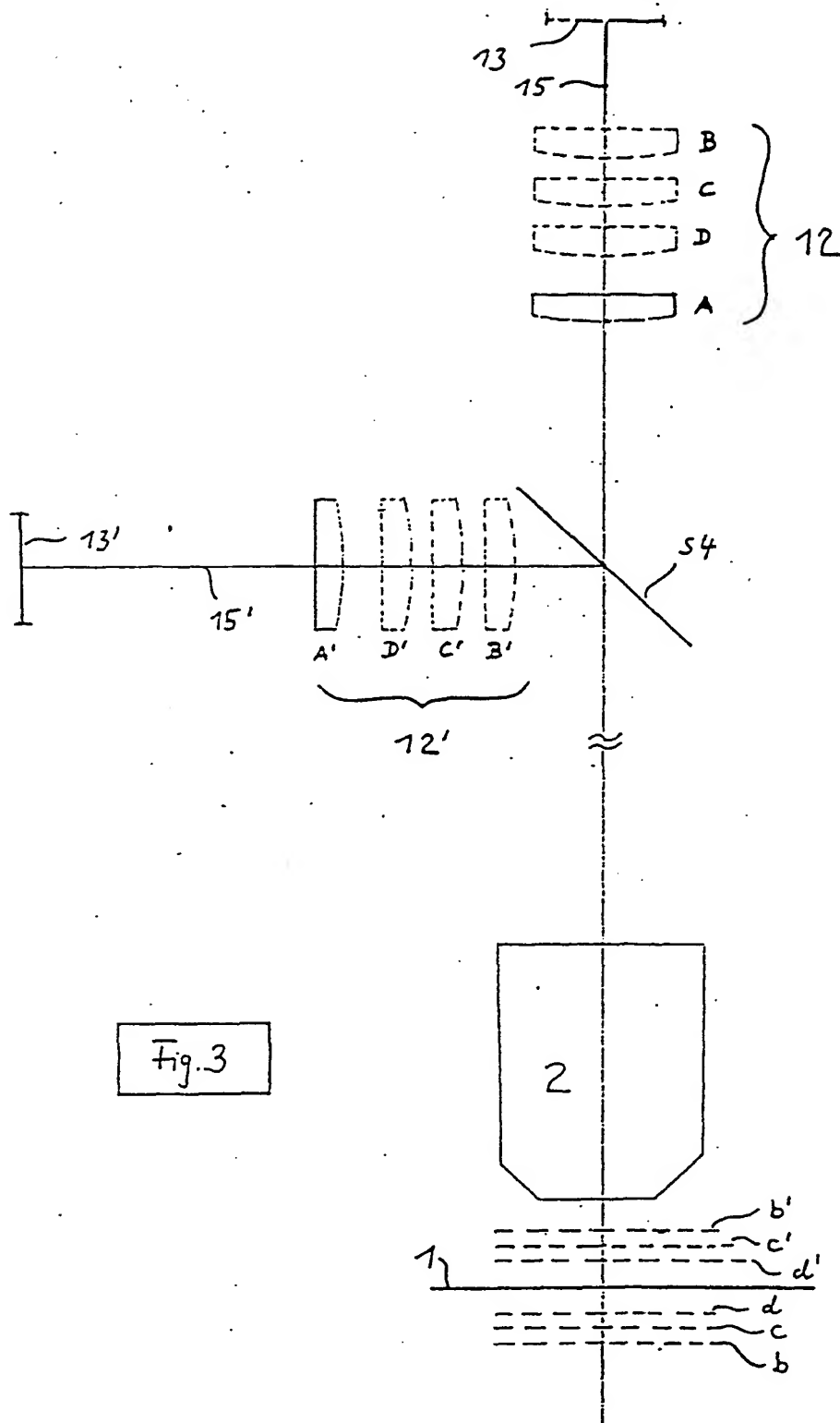


Fig. 3

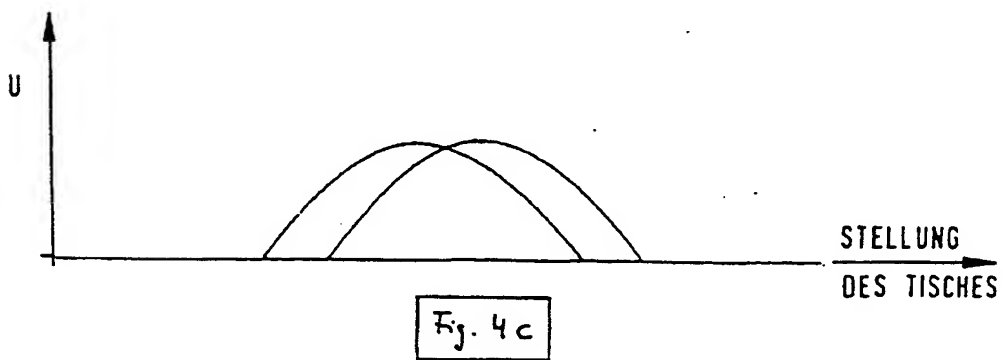
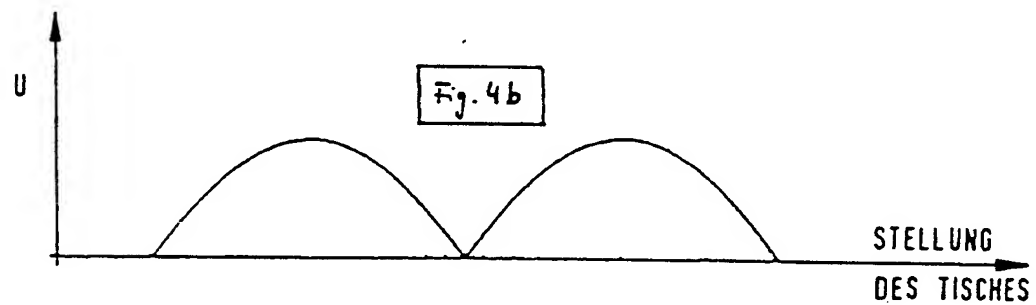
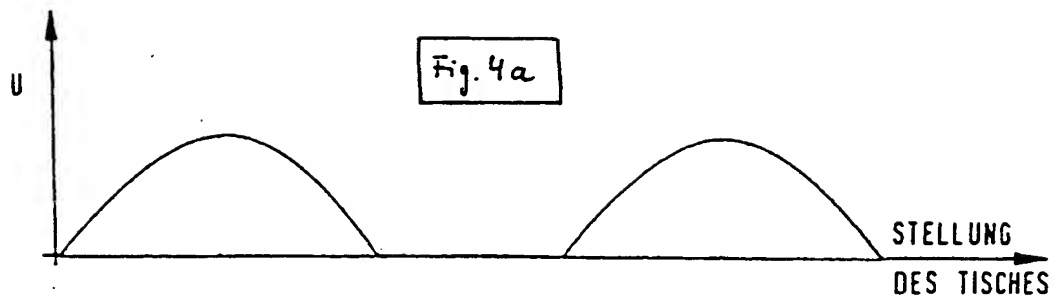


Fig. 5

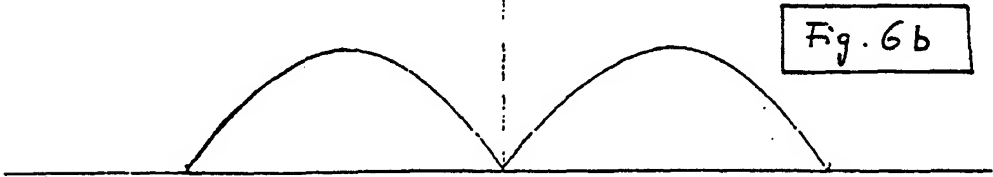
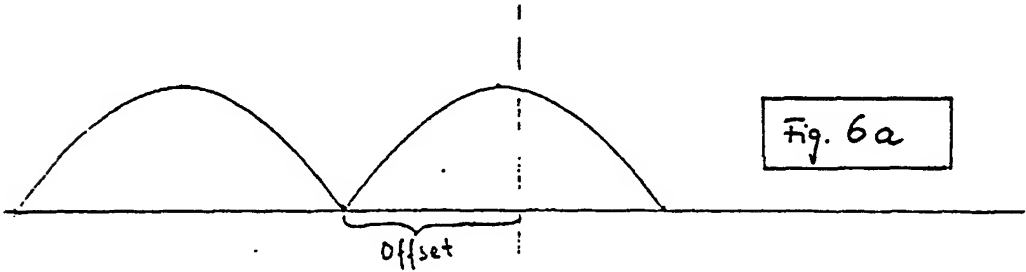
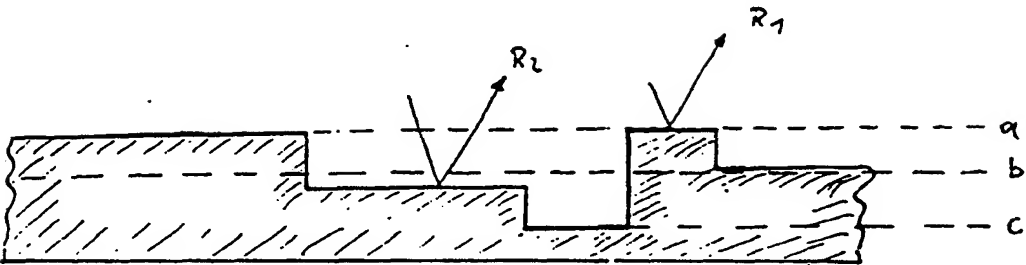


Fig. 6c

